

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita  
Ostrava**

**Fakulta bezpečnostního inženýrství**

**Katedra požární ochrany**

**Stanovení třídy reakce na oheň u omítek na bázi nepálené hlíny**

Determination of Fire Reaction Classes for Unburnt Clay-Based Renders

**Student:**

**Ing. arch. Petra Polášková**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Adam Thomitzek**

**Konzultant bakalářské práce:**

**Ing. Adam Thomitzek**

**Studijní obor:**

**Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu**

**Termín odevzdání bakalářské práce:**

**14. dubna 2017**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta bezpečnostního inženýrství  
Katedra požární ochrany

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Ing. arch. Petra Polášková**

Studijní program:

B3908 Požární ochrana a průmyslová bezpečnost

Studijní obor:

3908R006 Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu

Téma:

Stanovení třídy reakce na oheň u omítek na bázi nepálené hlíny  
Determination of Fire Reaction Classes for Unburnt Clay-Based  
Renders

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Cílem práce je stanovit nejvyšší podíl organické hmoty v omítkě, při kterém materiál vyhoví z hlediska kritérií ČSN EN ISO 1182 pro třídu reakce na oheň A1 nebo A2.

Charakteristika práce

Rešerše literárních zdrojů týkajících se využití omítek z nepálené hlíny. Přehled vlastností omítek na bázi nepálené hlíny a druhů jejich organických plniv. Význam organických plniv z hlediska zpracování a životnosti omítek. Aplikace hliněných omítek ve stavebních konstrukcích. Příprava vzorků pro provedení zkoušek. Provedení zkoušek. Vyhodnocení a doporučení do praxe.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN EN ISO 1182, Zkoušení reakce výrobků na oheň - Zkouška nehořlavosti. ÚNMZ 2010.  
ČSN EN 13501-1+A1, Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň. ÚNMZ 2010  
CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.  
VOJNÍK, Jan. Alternativní stavební materiály snižující dopady lidské činnosti na životní prostředí. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství.  
JAKUB, Hapl. Hygroskopicitá hliněných malt a její vliv na pevnostní charakteristiky. Ostrava, 2014. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta stavební.  
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Thomáček**

Datum zadání: 14.06.2016

Datum odevzdání: 14.04.2017



doc. Ing. Petr Kučera, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Poledňák, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 13. dubna 2017

.....

Ing. arch. Petra Polášková

### Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů;
- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby 1);
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava (dále jen VŠB – TUO), dostupná k prezenčnímu nahlédnutí;
- beru na vědomí, že VŠB – TUO má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít v souladu s § 35 odst. 3 2);
- beru na vědomí, že podle § 60 3) odst. 1 autorského zákona má právo VŠB – TUO na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 3) odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého VŠB – TUO nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ing. arch. Petra Polášková  
V Ostravě dne 13. dubna 2017

.....  
podpis studenta

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlášení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše;

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Adamovi Thomitzkovi za odborné vedení a pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

## **Anotace**

POLÁŠKOVÁ, P.: *Stanovení třídy reakce na oheň u omítek na bázi nepálené hlíny: Bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany 030, 2017. 45 s. Vedoucí práce Thomitzek A.

Bakalářská práce popisuje průběh stanovení třídy reakce na oheň u omítek na bázi nepálené hlíny. Náplní práce je analýza hliněných omítek v průběhu času, vlastností a využití. Při stanovení třídy reakce na oheň bylo využito předpisů a postupů z českých technických norem. Byla zohledněna praxe s aplikací a využitím hliněných omítek, na jejímž základě byly stanoveny zkoušené koncentrace omítek a organických plniv. Práce dále popisuje a vyhodnocuje provedená měření a zařazuje jednotlivé vzorky do tříd dle výsledků zkoušek.

**Klíčová slova:** hliněná omítka, sláma, nehořlavost, třída reakce na oheň

## **Abstract**

POLÁŠKOVÁ, P.: *Determination of Fire Reaction Classes for Unburnt Clay-Based Renders: Bachelor's thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering, Department of Fire Protection 030, 2017. 45 pp. Thesis supervisor: Thomitzek, A.

Bachelor's thesis describes the process of determination of fire reaction classes for unburnt clay-based renders. The scope of the thesis is analysis of clay renders in time and analysis of their uses and characteristics. Czech technical standards procedures and regulations were used when determining the fire reaction classes. The experience with application and utilization of unburt clay-based renders was taken into account. On this basis the tested concentrations of renders and organic fillers were set. Thesis also describes and evaluates the measurements and includes individual samples into classes according to the test results.

**Keywords:** clay render, straw, flame resistance, fire reaction class

## Obsah bakalářské práce:

<b>SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>A. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
A.1 HISTORIE.....	11
A.2 VYUŽITÍ OMÍTEK NA BÁZI NEPÁLENÉ HLÍNY .....	13
A.3 DRUHY OMÍTEK .....	14
A.3.1 Hrubá omítka.....	14
A.3.2 Jemná omítka.....	15
A.3.3 Dekorativní omítka .....	15
A.3.4 Marocký štuk.....	15
A.3.5 Barevná hliněná omítka.....	15
A.3.6 Voňavá hliněná omítka .....	16
A.3.7 Hliněné panely.....	16
A.4 DRUHY PLNIV .....	16
A.4.1 Voda.....	16
A.4.2 Organické složky.....	17
A.4.3 Ostatní složky.....	18
A.5 VLASTNOSTI OMÍTEK.....	19
A.6 APLIKACE HLINĚNÝCH OMÍTEK VE STAVEBNICTVÍ .....	20
<b>B. PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>22</b>
B.1 ZKOUŠKA NEHOŘLAVOSTI DLE ČSN EN ISO 1182.....	23
B.1.1 Příprava vzorků .....	24
B.1.2 Měření vzorků .....	26
B.2 KLASIFIKACE VZORKŮ DLE ČSN EN ISO 13501-1+A1 .....	33
B.3 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ.....	36
B.3.1 Vzorek 1 .....	36
B.3.2 Vzorek 4.....	37

B.3.3	Vzorek 3 .....	37
B.4	DOPORUČENÍ DO PRAXE .....	38
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>39</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>43</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	.....	<b>44</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	.....	<b>45</b>



## SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

ČSN	česká státní norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization
OSB	oriented strand board
cm	centimetr
mm	milimetr
obr.	obrázek
tab.	tabulka
př. n. l.	před našim letopočtem
tzv.	takzvaný
kg/m <sup>3</sup>	kilogram na metr krychlový
SDK	sádrokarton
°C	stupeň Celsia
g	gram
ml	mililitr
min	minuta
s	sekunda

## ÚVOD

Vzhledem ke zpřísnujícím se požadavkům na požární bezpečnost staveb a zároveň znovuoobjevení hlíny jakožto přírodního materiálu je zkoušení hliněných omítek aktuálním tématem. Ve stavebnictví se pomalu, ale jistě, opět vyskytuje hlína jako hlavní stavební materiál. Důvody jsou ekologické, ekonomické, ale i praktické, neboť hlína zlepšuje celkové prostředí staveb. Současně s těmito důvody je hliněná omítka vhodným materiálem pro zlepšení požární odolnosti stavebních konstrukcí, u kterých je vhodné používat výrobky, které nepřispívají k rozvoji požáru především u staveb občanské vybavenosti nebo podzemních objektů.

Pro tuto bakalářskou práci jsou podstatné dvě normy, kterými jsou ČSN EN ISO 1182 - Zkoušení reakce výrobků na oheň - Zkouška nehořlavosti a ČSN EN 13 501-1+A1 - Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb. Dle první normy se zkoušejí výrobky, které by měly být později zařazeny do třídy reakce na oheň A1 nebo A2.

Práce je rozdělena na dvě základní kapitoly obsahující teoretickou a praktickou část. První kapitola objasňuje čtenáři historický vývoj hliněných omítek, je zde zmíněna i souvislost s požární bezpečností staveb, která pramení až do dob vlády Marie Terezie. Jsou zde popsány také vlastnosti a uplatnění ve stavebnictví.

Druhá část se zabývá praktickou zkouškou ve školní laboratoři. Popisuje normový postup a odůvodňuje jeho nedodržení v některých krocích. Podstatný je i vývoj přípravy jednotlivých vzorků, který nakonec vedl k vypovídajícím výsledkům jednotlivých zkoušek. Průběh měření a jeho výsledky jsou zpracovány v přehledných tabulkách a grafech, které jsou přílohou bakalářské práce.

# A. TEORETICKÁ ČÁST

## A.1 Historie

Dřevo, kámen a hlína jsou nejstarší stavební materiály, které se používaly ke stavbě obydlí. Byly to suroviny, kterými byl člověk od pradávna obklopen a které i nyní zažívají své znovuoživení. [1]

Již ve starověku měla hlína velké rozšíření (datováno kolem roku 8000 př. n. l.). Příkladem může být jedno z nejstarších měst na světě - Jericho, jehož hradby a obydlí kruhového půdorysu byly vystavěny z nepálených cihel a na kamenných základech. Další památky tohoto druhu se objevují v Mezopotámii, kde se využívala hlína ke stavbě paláců a chrámů. Ve starém Egyptě bylo objeveno využití v podobě hliněných kleneb. V Číně využívali hlínu k výstavbě opevnění z dusané hlíny. O využití hlíny se zmínil i římský architekt, inženýr a teoretik Vitruvius, který ve svém díle Deset knih o architektuře shrnul základní vlastnosti zdiva z nepálených cihel, jejichž pravdivost si můžeme ověřit i v dnešním stavitelství. [1] [2]



*Obr. 1 Pohled na město Jericho*

*Zdroj: Abraham Path [14]*

V českých zemích, stejně jako v západní Evropě, je první zmínka o hliněných stavbách datována do 13. až 14. století. A to především na Moravě, kde se nacházela významná ložiska sprašových hlín a zdejší hliněné stavby tvoří hodnotnou část architektonického dědictví. Vedle českých staveb je důležité zmínit i stavby našich sousedů na Slovensku a v Rakousku, které také dokládají význam této suroviny

ve stavebnictví. Hliněné stavby našly své využití nejen v přízemních domech na vesnicích, ale i ve více podlažní městské zástavbě. Hlavní důvod byl především finanční, jelikož pálena cihla byla několikanásobně dražší než cihla nepálená. [1]

Na přelomu 16. a 17. století ničily mnohá města a vesnice mohutné požáry převážně dřevěných konstrukcí budov. Na tuto skutečnost později navázala Marie Terezie svým "Ohňovým patentem" z roku 1751, který stanovil základní protipožární zásady při výstavbě domů. Dále přikazoval vybavit vesnice zvoničkami a zavedl noční službu vartýřů a základní povinnosti pro hašení požárů. Jednou ze zásad byla povinnost vystavět zděný komín u každé chalupy. Dále bylo podstatné umístění pecí po stranách chalupy a do budoucna určoval patent stavět pouze zděná stavení. V neposlední řadě stanovil při hašení požáru rozbourat všechny dřevěné chalupy v blízkosti požáru. [1] [3]

O několik let později vydal Josef II. zpřísnující patent, který upřesňoval zásady prvního patentu zvlášť pro města a vesnice. Určoval rozestupy staveb na vesnici, kdy stanovil vzdálenost alespoň na jeden sáh. Stavba celodřevěného domu byla zakázána, stavení musely být až po střechu z kamení nebo vepřovic se zděným komínem. Na vesnicích byly zřizovány brody a rybníčky z nachytané dešťové vody a každá obec měla vlastnit ruční stříkačku. [15]

První stavební plán byl vydán již v roce 1833 a stanovoval veškeré podmínky pro výstavbu domu - od projektu, přes stavební řízení až po kolaudaci objektu. V 2. polovině 19. století bylo s rozvojem průmyslu spojeno i zjednodušení výroby pálených cihel. Na konci 19. století již v českých zemích převládá výstavba zděných budov. A s tím souvisí i rozmach výstavby kruhových pecí pro výpal cihel. V zájmu vyšších zisků se podařilo prosadit návrh na úplný zákaz nepálených cihel. I přes zákaz byla v menší míře nepálená cihla i nadále používána. Po krátkém oživení po druhé světové válce byla nepálená hlína téměř zapomenuta. [2]

Po několika snahách o připomenutí nepálené hlíny světovými architekty zažívá své znovuzrození až na začátku 21. století. Vedle technických a ekonomických vlastností se dostává do popředí ekologie a zdravý životní styl. Nepálená hlína příznivě přispívá k příjemnému vnitřnímu prostředí staveb a pozitivně působí na lidský organismus. [1]

Návrhy moderních hliněných domů se řadí mezi energeticky úsporné budovy, které čerpají principů ekologie. V hliněných stavbách se využívají i další přírodní materiály jako jsou například sláma, konopí, dřevo a kámen. [1]

## **A.2 Využití omítek na bázi nepálené hlíny**

Jako předchůdce hliněných omítek by se dala označit hliněná omazávka. Jedná se o hliněnoslaměnou kaši, kterou se omazával proutěný výplet nebo dřevěné konstrukce domu. Důvodem tohoto postupu bylo zvýšení izolační a požární odolnosti těchto konstrukcí díky hliněné vrstvě o tloušťce až 150 mm. Pro lepší přilnutí se do dřevěné konstrukce zatloukaly kolíky, tzv. ježky. Tak vznikl název "domy v kožichu". [1] [2] [6] [7]

Dalším typem povrchové úpravy byly hliněné mazaniny. Ty se aplikovaly nejen na hliněné, ale i na zděné domy. Jedná se opět o směs hlíny a nasekané slámy, která tuto směs vylehčovala a zároveň zlepšovala tepelné izolační vlastnosti. Do mazaniny se užívalo zvířecích plniv jako například kravské lejno, které obsahovalo krátká vlákna, ta měla za úkol zvyšovat pevnost a odolnost mazaniny. Mazanina se nanášela na dřevěné záklopy, kdy měla za úkol chránit stavbu před požárem střechy a úniky tepla. Vedle těchto vlastností byla mazanina vhodná pro skladování sena či slámy. [1] [2] [6] [7]

Hliněná omítka je víceméně stejného složení jako cihly, ale vyžadují jemnější skladbu bez hrubých částic. Tato povrchová úprava často sloužila pro vyrovnaní nerovného zdění. Spodní vrstva omítky obsahovala vysoký podíl jílu a dále různé příměsi jako například řezanku, konopí, len a další. Případná vrchní vrstva se obohacovala vápnem nebo bylo použito pouze vápna pro líčení zdiva z estetických a společenských důvodů. [1] [2] [6] [7]

Hliněné omítky se ojediněle zdobily různými ornamenty. Tuto lokálně vymezenou techniku praktikovaly nejčastěji ženy. Ve fázi vysychání omítky se prsty vytlačovaly do hlíny vlnovky, srdíčka, rostlinné i figurální motivy a datace. [1]

### A.3 Druhy omítek

Základem hliněné omítky je směs jílu a písku. Jíl má funkci pojiva a písek plniva. Dalšími plnivy jsou organické i anorganické složky, které většinou zabraňují vzniku trhlin v omítce při schnutí. Hliněnou omítkou lze docílit i konkrétní barevnosti, a to nejen vlastní barvou použité hlíny, ale i přidáním přírodních pigmentů. [1] [2]

#### A.3.1 Hrubá omítka

Hrubá neboli jádrová omítka je základem povrchových úprav. Zajišťuje stabilitu a pevnost dalších vrstev a vyrovnává vrstvu podkladní. Nanáš se na nestabilní podklady typu rákosová rohož nebo dřevěný kotvící rošt. Pevnosti pomáhají použití plniva, nejčastěji jsou to slaměné nebo konopná řezanka. Délka stébel je zvolena na základě typu podkladní vrstvy a lepší soudržnosti omítky. [8] [10]



*Obr. 2 Hrubá omítka se slaměnou řezankou*

*Zdroj: Časopis Stavebnictví [8]*

### **A.3.2 Jemná omítka**

Jemná omítka se nanáší na suchou podkladní vrstvu z hrubé omítky a může být finální vrstvou, proto je důležité dbát na kvalitu směsi a provedení práce. Je určena k vnitřnímu použití. Jelikož se nanáší ve vrstvách několik milimetrů silných, je používán písek zrnitosti 1 - 2 mm. Povrchová úprava omítky se provádí filcováním nebo hlazením. Dále je možné povrch natřít vysoce paropropustnými barvami na bázi vápna nebo hlíny. [8] [10]

### **A.3.3 Dekorativní omítka**

K základní jílové složce se přimíchává mramorová moučka o zrnitosti 0,7 mm. Nanáší se v jedné až dvou vrstvách o tloušťce 2 mm. Finálním leštěním se dosahuje lepší odolnosti proti oděru a povrch je příjemnější na dotek. Základní směs je většinou bílé barvy a dalších odstínů se dosahuje přírodními pigmenty. [10]

### **A.3.4 Marocký štuk**

Jak název napovídá, jedná se o omítku oblíbenou v Orientu. Předností této vnitřní omítky je především voděodolnost a prevence proti plísním. Základ pro tuto směs tvoří hydraulické vápno, mramorový prášek, křemenný písek, vypálená jílovitá zemina, celulóza a popel. V dnešní době se dají sehnat už připravené směsi ve specializovaných prodejnách. Povrchová úprava spočívá ve vyhlazování hladkým kamínkem a posléze natření marseillským mýdlem, které se opět zahladí již zmíněným kamínkem. Touto technikou je možné vyrobit i vany nebo umyvadla. Je oblíbený při povrchových úpravách zdiva v koupelně nebo kuchyni. [10]

### **A.3.5 Barevná hliněná omítka**

Barevnosti omítek můžeme docílit buď přirozeně zabarvenými jíly, přírodními hlinkami nebo minerálními pigmenty. Ty se získávají sušením a posléze mletím nebo drcením barevných hlín. Dekorativní vzhled omítky může ozvláštnit příměs sušených květin, slíd, muší, barevných sklíček, kamínků, hrubší zrnitosti písku nebo barevných mramorů. Z rostlinných příměsí můžeme například zmínit slaměnky, kopretiny nebo slaměnou řezanku. [10]

### **A.3.6 Voňavá hliněná omítka**

Omítkovou směs uvedla na trh firma Claygar. Její základní složení z jílu a přírodních písku obohacuje hlína a především květy levandule. Tuto vnitřní omítku je vhodné použít do koupelny, kde se následkem zvyšování vzdušné vlhkosti uvolňuje příjemná vůně levandule, která pozitivně působí na člověka. Dalším výrobcem voňavých a bylinkových směsí na českém trhu je firma Picas. [10]

### **A.3.7 Hliněné panely**

Hliněné panely patří spíše k novodobým stavebním materiálům. Jedná se o desky tloušťky 2 - 5 cm s minimálním obsahem písku. Jejich využití je různorodé, jsou vhodné jak na stěny, tak i na stropy nebo dokonce šikmé stropní podhledy. Můžeme s nimi oplástit konstrukci příčky nebo instalační předstěny. Základem pro jejich uchycení bývá nejčastěji dřevěný rošt nebo OSB desky. [10]

## **A.4 Druhy plniv**

Vedle základních surovin používáme i další složky, které dělíme na organické a anorganické. Některé z nich jsou již ověřeny léty užívání, jiné jsou výdobytkem moderních technologií. Bez ohledu na rozdělení mají všechny příměsi za úkol redukovat negativní vlastnosti hliněných omítek a zároveň dodat vlastnosti, na které dříve nebyl kladen důraz. [2]

### **A.4.1 Voda**

Voda zajišťuje dobrou zpracovatelnost směsí. Při použití hydraulických pojiv pro stabilizaci se část vody spotřebuje pro hydratační proces. Dostatečné množství vody zajišťuje lepší zpracovatelnost směsi, ale naopak vytváří vyšší výskyt pórů a tím oslabuje pevnost materiálu. Proto je důležité stanovit optimální množství vody, k tomu nám slouží norma ČSN 72 1015, která pomocí Proctorovy zkoušky určí optimální vlhkost, při které směs dosáhne největšího zhutnění. [2]



#### **A.4.2 Organické složky**

##### Sláma

Sláma patří k nejčastěji užívaným plnivům. Především pro svoji dostupnost již v letech minulých a dále pro nízkou objemovou hmotnost, zachování přiměřeného objemu pórů ve stéblech a stabilizaci. Sláma v omítce je považována za druh rozptýlené výztuže, která předchází vzniku prasklin při vysychání omítky. Důležitou roli hraje i délka stébla, která závisí na technologii nanášení omítky. Například strojově nanášená omítka by měla obsahovat stébla o délce 7 - 10 cm. Slaměná řezanka najde své využití především v hrubé hliněné omítce a jako lehčivo do hliněných cihel. [2]

##### Plevy a osiny

Jedná se o odpad při zpracování slámy. Na rozdíl od stébel vytvářejí v omítce méně pórů, čímž zlepšují pružnost směsi. Při současných technologiích sklizně obilí, jsou plevy a osiny vráceny kombajnem zpět na pole. Vzhledem k vlastnostem, kterými obohacují hliněné omítky, jsou vhodnějším plnivem než stébla slámy, proto by se měl tento "odpad" opět více využívat i v rámci znovuoživení přírodních materiálů a technologií ve výstavbě. [2]

##### Suchá tráva

Suchá tráva má stejné využití jako sláma. Jedná se o vybrané druhy trav s dlouhými stébly a listy, které nepatří mezi obyčejné seno, a které známe například jak krmivo. [2]

##### Pazdeří

Jako pazdeří označujeme delší stébla lnu a konopí, které je v zahraničí užíváno častěji než u nás. Vzhledem k délce se opět jedná o obdobné vlastnosti jako u slámy. Užívá se při zpracování hrubé i jemné hliněné omítky. [2]

### Exkrementy

Mezi nejčastěji užívané plniva tohoto druhu patří kravský nebo koňský hnůj. Tato příměs zlepšuje odolnost vůči vodě a omezuje tvorbu smršťovacích trhlin při vysychání. Pro zvýšení odolnosti proti erozi bylo zvykem používat koňskou moč, kdy močovina příznivě působí na pevnost v ohybu a tlaku v reakci s kaolinitem. [2]

### Zvířecí krev

Známým stabilizačním prostředkem byla volská krev. Na tuto skutečnost upozorňují i zmínky v českých normách. Aby bylo dosaženo lepších účinků, doporučuje se používat čerstvou krev. Díky ní se zlepšuje vaznost směsi a omítka lépe odolává povětrnostním podmínkám. Vliv krve můžeme ještě vylepšit přidáním vápna. [2]

### Zvířecí srst

Vlastnosti zvířecí srsti jsou podobné jako u rostlinných příměsí. Jedná se především o funkci výztuže. Z užívání prasečí srsti vznikl název pro hliněnou cihlu - vepřovice. Dalším častým typem plniva zvířecího původu je ovčí vlna nebo kozí chlupy. [2]

### Kasein

Kasein je primárně zastoupená bílkovina v mléce. Až 80 % kaseinu obsahuje mléko kravské. V hliněných omítkách zlepšuje stabilizaci, často je jeho užití spojováno s volskou krví. Díky minimálnímu zvyšování difúzního odporu konstrukce je využíván v podobě nátěrů. [2]

#### **A.4.3 Ostatní složky**

Za zmínku stojí další podstatná složka a tou je písek a drobný štěrk, který se používá spíše pro nepálené cihly nebo konstrukce větších rozměrů než jsou omítky. Ve složení hliněné omítky tvoří písek podstatnou část, hlína má své zastoupení pouze ve 30 - 50 %. [2]

V rozporu s filosofií hliněných staveb je zmiňován i granulát z pěnového polystyrenu. Používají se odpadní kuličky tohoto polymerního plastu, z důvodu finanční náročnosti výroby. Dále je v rozporu i celková recyklovatelnost omítek po dožití stavby. Velkou výhodou polystyrenu je velmi nízká hmotnost a vysoká tepelně izolační schopnost. Dále je hojně užíváno polypropylenových vláken, která nemění své vlastnosti v závislosti na prostředí, ve kterém jsou užity. [2]

## **A.5 Vlastnosti omítek**

Jíly, které v omítkách plní funkci hlavního pojiva, se vyznačují vrstevnatou strukturou, v kombinaci s vodou bobtnají, ale nerozpustí se v ní, jsou vysoce plastické, výborně zpracovatelné a při vysychání podstatně zmenšují svůj objem. Základními minerály v jílu jsou kaolinit, montmorillonit, halloysit a illit. Častou přísadou omítek bylo i hašené vápno, které zvyšovalo jejich pevnost. [1] [2]

Hliněné omítky je dobré používat z důvodu recyklovatelnosti, kdy se dají znovu použít nebo vrátit do přírody. Jelikož se jedná o přírodní materiál, tak jsou vhodné pro vytvoření zdravého vnitřního klimu v objektu pro lidi s onemocněním horních cest dýchacích nebo alergiky. Jsou také vhodným izolantem dřeva, jejichž funkce souvisí s dobrou regulací vlhkosti. Dřeva pak zůstává suché s ideální vlhkostí 8 - 12 % a není tedy napadáno škůdci, kteří se vyskytují při vlhkosti o 14 - 16 %. [1] [2]

Mezi nevýhody hliněných omítek patří především nízká odolnost vůči působení vody ať už dešťovou nebo vzlínající. Voda oslabuje pevnost a únosnost zdiva z nepálených cihel. Proto je časté využití velkých přesahů střech, které mimo jiné chrání i omítku a zdivo z nepálených cihel. Dále působí na organické příměsi, které vlivem vody zvětšují svůj objem a tím vyvolávají tahová napětí v materiálu. Dalším nebezpečím jsou kolísavé teploty, kdy voda v konstrukci zamrzne, roztaje, čímž postoupí dále do konstrukce a znovu zamrzne, zvětší svůj objem a vyvolá tak rozpadání omítky. [1] [2]

Objemová hmotnost hlíny bez příměsí se pohybuje v rozmezí 1600 - 1800 kg/m<sup>3</sup>, na této hodnotě je závislý i součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ , kdy se s klesající objemovou hmotností součinitel tepelné vodivosti zlepšuje. Hliněné konstrukce mají dobrou schopnost

akumulovat teplo, ale pro vylepšení tepelně izolačních vlastností se do hliněných omítek přidávají příměsi, které pomáhají snížit objemovou hmotnost a tím splnit současné požadavky na stavební konstrukce z hlediska tepelné pohody. [1] [2]

Naopak přidáním organických plniv, například slaměné řezanky, klesá pevnost v tlaku. Při obsahu 4% příměsi klesá pevnost až o polovinu hodnoty bez přidání jakékoliv příměsi. [1] [2]

Z hlediska kondenzace vodních par ve stavebních konstrukcích, je vhodné myslet na tuto skutečnost již při návrhu objektu a vyvarovat se kondenzaci v hliněné části zdiva. Hlína vlivem vnitřní vlhkosti rozbředává a ztrácí svoji pevnost. Naopak je schopna vázat vzdušnou vlhkost a ve vhodné chvíli ji opět uvolnit do prostoru. Tato schopnost závisí samozřejmě na složení i velikosti částic. Čím větší částice, tím menší schopnost absorpce. Sorpci může dále ovlivnit i povrchový nátěr omítky, kdy například nátěr z lněného oleje snižuje schopnost absorbovat vlhkost až o 50 %. [1] [2]

## **A.6 Aplikace hliněných omítek ve stavebnictví**

Na území České republiky se potkávají oblasti domu hrázděného, roubeného a podunajského. Ale nejvíce se ujaly masivní konstrukce z nepálené hlíny. Zpracování hliněných omítek a jejich aplikace se může odvíjet více směry. [2]

Jedním z nich je tradiční způsob ověřený léty praxe a zkušeností. Nejprve je nutné hlínu vytěžit. V minulosti se užívaly obecní hliníky nebo hlína vytěžená ze stavby domů, studní apod. což šetřilo čas i peníze. Používala se podorniční hlína, která obsahovala více jílovité půdy. Směs musí být dokonale zpracována a prohnětena, protože přítomnost hrudek ohrožuje homogenitu a vaznost, které jsou pro kvalitní konstrukce důležité. Nejčastěji se hlína těžila na podzim, ukládala se na hromady, které se nechaly přes zimu vymrznout. Míchání samotné směsi se provádělo buď ručně hráběmi, nebo pomocí dobytka, který občas utrousil do směsi exkrementy, které byly vítaným plnivem. Postupně se do hliněného těsta zapracovávaly i zbylé suroviny jako například slaměná řezanka nebo pazdeří. [1] [2]

Dnešní způsob zpracování využívá modernějších technologií. Natěžená nebo přivezená zemina se proseje na sítích. Pro míchání směsi není vhodná klasická betonová míchačka, kde se využívá samospádu. Pro tyto účely je vhodnější korytová nebo speciální míchačka. Během zpracování hlíny na jemnější strukturu se postupně přidávají plniva a ostřiva. Nebo se míchání může provádět na zemi za použití válců, kultivátoru nebo traktoru. [1] [2]

Dalším způsobem je koupit již hotovou suchou směs v pytlích, která se jen smíchá s vodou a případnými organickými plnivy (pokud je směs již neobsahuje). Nebo je možné přivést na stavbu hotovou mokrou směs v domíchávači nebo nákladním automobilem. [1] [2]

Pro aplikaci omítek je nutné si nejprve připravit podkladní vrstvu. Při omítání pálených i nepálených cihel je možné aplikovat hliněnou omítku rovnou na zdivo. V případě nesavých nebo hladkých podkladů je nutné zdrsnit povrch například cementovým postříkem. Dřevěné povrchy je dobré opatřit rákosovou rohoží nebo dřevěným roštem. Obojí je nanášeno štětkou nebo válečkem. Hrubé omítky se nedoporučuje aplikovat na sádkartonové stěny z důvodů dlouhodobého působení vlhkosti a tím narušení soudržnosti SDK. V tenké vrstvě můžeme použít omítky jemné. [1] [2] [11]

Natahování samotné omítky se nijak neliší od zkušeností s klasickými vápenocementovými. Jedná se ruční nebo strojové omítání, zahlazuje se buď pomocí stahovacích omítníků, nebo zednickým hblem. Předcházející vrstvu je vždy vhodné předem navlhčit vodou pro lepší přilnavost. Rohy se doporučují dělat kulaté nebo vyztužit pomocí lišt. [1] [2] [11]

## B. PRAKTICKÁ ČÁST

V rámci požární bezpečnosti staveb je nutné vědět, jak který stavební materiál reaguje na oheň. Proto stavební materiály zkoušíme a zařídíme do tříd reakce na oheň dle předepsaných norem. Na základě těchto měření dokážeme odhadnout, jak se konstrukce zachová při požáru objektu.

Hoření je exotermní oxidačně-redukční reakce, která probíhá za určitých podmínek. Tuto součinnost nazýváme "trojúhelník hoření", kdy je nutná přítomnost oxidačního prostředku, hořlavé látky a iniciačního zdroje, kdy při dosažení dostatečné teploty látka po zapálení trvale hoří.



Obr. 3 Trojúhelník hoření

Dle normy je definován pouze pojem "*nehořlavý - neschopný podléhat hoření za stanovených podmínek. Pozn. V některých předpisech je materiál klasifikován jako nehořlavý, i když je možné jej spálit, a to za předpokladu, že jeho spalné teplo je menší než stanovená hodnota*" [5].

Pro tuto definici je nutné uvést i definici "*hoření - exotermní reakce látky s oxidantem. Pozn. Při hoření obecně vznikají zplodiny doprovázené plameny a/nebo žhnutím*" [5].

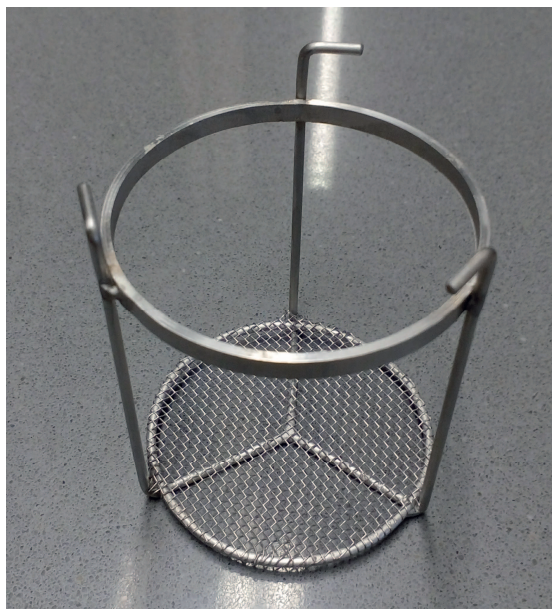
Tato vlastnost materiálu je dokazována pomocí normovaných postupů a jedním z nich se zabývá i tato bakalářská práce.

## **B.1 Zkouška nehořlavosti dle ČSN EN ISO 1182**

Tato norma stanovuje přesný postup zkušební metody pro stanovení nehořlavosti stavebních materiálů za stanovených podmínek. [3]

Jako první je detailně popsáno zkušební zařízení pece včetně materiálů a rozměrů. Dále jsou zde uvedeny parametry doplňkových zařízení, jako je držák na zkušební tělesa nebo zrcadlo, které slouží k pozorování vzorku v peci, aby se pozorovatel nemusel naklánět nad horkou pec, což by mohlo vést k úrazu. [3]

Podstatnou součástí popisu je i detailní náčrtek rozvržení vinutí pece, které bylo na daném zařízení opraveno po vypracování bakalářské práce studentem v roce 2011, kde v rámci kalibračního postupu zjistil jisté nesrovnalosti ať už ve vinutí pece nebo ve zpracování držáku na zkušební tělesa. [3]



*Obr. 4 Držák zkušebního tělesa*

Po této opravě byla pec kalibrována, proto bylo přistoupeno k samotné zkoušce.

### B.1.1 Příprava vzorků

Pro adekvátní reprezentaci omítky na bázi nepálené hlíny byla zvolena kombinace hotové směsi hliněné omítky od firmy ProCrea<sup>®</sup>, jejíž technický list je uveden v příloze č. 10, a sláma. Z důvodu velikosti zkušebních těles byla sláma nařezána na kratší stébla o délce 2 - 4 cm.

Na začátku byly připraveny tři směsi, které udávaly poměr složek v procentech hmotnosti.

*Tab. 1 Poměr jednotlivých složek ve zkušebních vzorcích*

<b>Procentuální zastoupení slámy</b>	<b>Hmotnost suché omítkové směsi</b>	<b>Hmotnost slaměné řezanky</b>	<b>Objem vody</b>
<b>3 %</b>	1000,42 g	30,03 g	300 ml
<b>5 %</b>	500,86 g	25,07 g	150 ml
<b>8 %</b>	500,04 g	40,12 g	150 ml



*Obr. 5 Fotodokumentace vzorku s obsahem 8 % slaměné řezanky*



Po rozmíchání těchto tří poměrů bylo zjištěno, že směsi s vyšším obsahem slaměné řezanky nemají dostatečnou vaznost a jedná se spíše o špinavou slámu. Proto byl zvolen další poměr slámy, který se na první pohled zdál vhodnější.

*Tab. 2 Poměr jednotlivých složek ve zkušebních vzorcích*

<b>Procentuální zastoupení slámy</b>	<b>Hmotnost suché omítkové směsi</b>	<b>Hmotnost slaměné řezanky</b>	<b>Objem vody</b>
<b>2 %</b>	2000,13 g	40,12 g	500 ml
<b>2,5 %</b>	1001,46 g	25,07 g	300 ml
<b>4 %</b>	1000,06 g	40,12 g	300 ml

Pro dodržení rozměrů zkušebních těles bylo využito drátěného pletiva, jemného drátu a kancelářské fólie, díky těmto pomůckám bylo vyrobeno celkově 12 "forem" o výšce  $50 \pm 3$  mm a průměru  $45^{+0}_{-2}$  mm jak stanovuje norma ČSN EN ISO 1182. Po naplnění forem vzorky s poměrem 2 %, 2,5 % a 3 % se ukázalo, že v mírně stlačené formě vypadají různá zastoupení slámy jinak než v nádobě na přípravu, proto byl dodatečně domíchán vzorek s 5 % slámy. Vzorky byly očíslovány a na podložce umístěny do laboratorní sušárny Binder, která pracuje bez nucené cirkulace vzduchu v komoře. Teplota byla nastavena na 95 °C. Vzorky nebyly kondicionovány a sušeny dle normy, jelikož se jedná o snadno vysychající materiál. Druhý den byly vzorky v několika hodinových intervalech váženy a nebyl zaznamenán další váhový úbytek, tudíž byly vzorky považovány za vysušené. V tabulce 3 jsou uvedeny finální vzorky se zastoupením jednotlivých složek směsi.

Norma stanovuje zkoušet každý vzorek v pěti zastoupeních, ale pro potřeby bakalářské práce byl počet zkušebních těles jednotlivých vzorků stanoven na 3 kusy. [3]

Po vytažení vzorků ze sušárny byly zbaveny fólie i pletiva a zapraveny do kompaktního tvaru daných rozměrů. Především byla odstraněna sláma, která trčela ve všech směrech a mohla by tak zkomplikovat umístění vzorku do držáku pece.

Tab. 3 Poměr jednotlivých složek ve zkušebních vzorcích - výsledné složení

Označení vzorku	Procentuální zastoupení slámy	Hmotnost suché omítkové směsi	Hmotnost slaměné řezanky	Objem vody
<b>Vzorek 1</b>	2 %	2000,13 g	40,12 g	500 ml
<b>Vzorek 2</b>	2,5 %	1001,46 g	25,07 g	300 ml
<b>Vzorek 3</b>	3 %	1000,06 g	40,12 g	300 ml
<b>Vzorek 4</b>	5 %	606,25 g	30,31 g	300 ml

Po důkladné úpravě byla jednotlivé tělesa zvážena na laboratorní váze a hodnoty byly zapsány do tabulek uvedených u jednotlivých vzorků.

### B.1.2 Měření vzorků



Dle normového postupu se po ustálení teploty v peci musí ověřit stav zařízení. Posléze se vloží těleso do držáku a ten se vloží do pece. Na tuto akci je stanoven limit 5 s. Poté se ihned zapne zařízení, které měří teplotu v průběhu času zkoušení. Norma vyžaduje především teplotu měřenou pecním termočlánkem. Ostatní termočlánky (ve středu a na povrchu) jsou pouze doplňkovým měřením, proto bylo v rámci této bakalářské práce využito pouze pecního termočlánku. [3]

Obr. 6 Zkušební pec

Měření probíhá po dobu min. 30 min a max. 60 min. V druhé polovině měření je možné zkoušku ukončit a to po dosažení teplotní rovnováhy. Ta je stanovena tak, že teplotní drift pecního termočlánku nepřekročí 2 °C po dobu 10 min. Poté musí být zkouška ukončena. Pokud tento jev nenastane do 30. minuty měření sledujeme jej až do 60. minuty, kdy je zkouška ukončena. Norma povoluje přepočet záznamu zpětně, což ale prodlužuje měření. Jelikož měřicí zařízení tuto funkci neobsahovalo, nebylo tedy možné tento jev zaznamenat během probíhající zkoušky. Proto bylo několik těles měřeno celých 60 minut a dle úvahy byly další měření ukončení po kratším čase. [3]

Po zkoušce se nechala tělesa vychladnout a opět byla zaznamenána jejich váha pro určení váhového úbytku.

Výstupem pozorování při zkoušce je:

- úbytek hmotnosti - určí se z měření vzorku před a po zkoušce a udává se v %
- plamenné hoření - zaznamenává se doba trvalého plamenného hoření, v případě více intervalů se tyto hodnoty sečtou a výsledek je zapsán v s
- nárůst teploty - vypočítá se dle vzorce  $\Delta T = T_{\max} - T_f$  ve °C, kde  $T_{\max}$  je maximální naměřená teplota a  $T_f$  je konečná teplota v poslední minutě zkoušky [3]

#### Vzorek 3 (3 %)

Jako první byl zkoušen vzorek 3 se 3 % slámy. Všechna tři zkušební tělesa byla zvážena před měřením i po něm a v průběhu samotného měření se chovala stejně. Po vložení vzorků do pece začaly všechny hořet v rozmezí 3 - 5 s. Povrch vzorků zčernal a byl cítit silný zápach. Po několika minutách získaly vzorky opět svoji barvu. Po vytažení z pece byla zřejmá načervenalá barva vypálené keramiky. Po vyjmutí vzorků z pece byl jejich povrch narušený. Vznikly prohlubně a díry po vyhoření slámy, která sahala až na povrch tělesa. Při manipulaci odpadávaly další částičky, které byly zachyceny na papír a zváženy společně s tělesem.

Průběh teplot jednotlivých měření je zaznamenán v grafech, které jsou přílohou této práce pod čísly 1, 2 a 3.



Obr. 7 Vzorek 1 s 3 % slaměné řezanky před měřením



Obr. 8 Vzorek 1 s 3 % slaměné řezanky po měření

Výsledky měření jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4 Výsledky měření vzorku 1

Vzorek 1	a	b	c
$T_{\max}$	806,3 °C	806,7 °C	795,4 °C
$T_{\text{fin}}$	793,9 °C	798,7 °C	780,7 °C
$\Delta T$	12,4 °C	8 °C	14,7 °C
$t_f$	5 s	3 s	5 s
doba měření	2328 s	3606 s	2901 s

#### Vzorek 4 (5 %)

Jako druhý byl testován vzorek se 4 % obsahem slámy. Navzdory konzistenci v mokřém stavu, kdy nebyla směr příliš kompaktní a vaznost hliněné omítky nebyl díky množství slámy znát, vyschl vzorek do relativně pevné struktury. Po úpravě povrchu byl první vzorek vložen do pece a okamžitě po vložení bylo zpozorováno plamenné hoření v délce asi 20 s. Těleso zčernalo a silně zapáchalo. Obdobně se chovaly i následující dva vzorky, které rovněž po vložení do pece hořely. Po krátkém čase tělesa naopak zbělala a po zbytek již nebylo zaznamenáno další plamenné hoření. Po vytažení z pece bylo zřejmé, že tělesa žhnula. Již během vytahování z pece a pozdější manipulace se vzorky rozpadaly. Po vyklepnutí ze zkušebního držáku se rozpadly na dvě větší části a spoustu menších. Vše bylo zachyceno na papír a zváženo pro záznam úbytku hmotnosti. Po vychladnutí se na povrchu žhnoucích částí byl zřejmá přítomnost uhlíkatého zbytku, který vzniká při pyrolýze nebo nedokonalém hoření. Opět se objevila charakteristická červená barva vypálené hlíny. V tabulce 5 jsou uvedeny naměřené hodnoty důležité pro pozdější klasifikaci vzorku. Grafy s průběhem teplot při jednotlivých měřeních jsou doloženy v příloze 4, 5 a 6.





Obr. 9 Vzorek 4 s 5 % slaměné řezanky před měřením



Obr. 10 Vzorek 4 s 5 % slaměné řezanky po měření

Tab. 5 Výsledky měření vzorku 4

<b>Vzorek 4</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<b>T<sub>max</sub></b>	843,1 °C	815,6 °C	816,5 °C
<b>T<sub>fin</sub></b>	800,3 °C	799,6 °C	804,1 °C
<b>ΔT</b>	42,8 °C	16 °C	12,4 °C
<b>t<sub>f</sub></b>	20 s	25 s	30 s
<b>doba měření</b>	2432 s	2137 s	1917 s

#### Vzorek 3 (2 %)

Vzhledem k průběhu měření prvních dvou směsí byl vynechán vzorek s obsahem 2,5 % slaměné řezanky a bylo rovnou přistoupeno k měření namíchaného vzorku s nejmenším obsahem slámy, aby výsledky byly co nejvíce vypovídající. Již při míchání směsi šlo o poměr surovin, který by nejvíce mohl odpovídat skutečnosti. Množství hlíny bylo na první pohled znát a tuto hmotu by již bylo možné natáhnout na podkladní zdivo jako omítku. Všechna tři zkušební tělesa se chovala obdobně, po vložení do pece zčernala, ale nebyl zaznamenán žádný výskyt plamenného hoření. Po několik minutách získaly vzorky opět svoji barvu a nebyl cítit žádný zápach. Při následné manipulaci ze z těles neodpadávaly žádné větší částčky hlíny, jen menší prachové částice. Grafický výstup z průběhu teplot při měření je doložen v příloze 7, 8 a 9.





Obr. 11 Vzorek 3 se 2 % slaměné řezanky před měřením



Obr. 12 Vzorek 3 se 2 % slaměné řezanky před měřením



Tab. 6 Výsledky měření vzorku 3

Vzorek 3	a	b	c
$T_{\max}$	802,4 °C	788,1 °C	793,9 °C
$T_{\text{fin}}$	796,3 °C	784,2 °C	793,0 °C
$\Delta T$	6,1 °C	3,9 °C	0,9 °C
$t_f$	0 s	0 s	0 s
doba měření	3620 s	1886 s	2023 s

## B.2 Klasifikace vzorků dle ČSN EN ISO 13501-1+A1

Norma označována jako ČSN EN ISO 13 501-1+A1 udává postupy zkoušení, kdy odkazuje na jiné normy a jejich znění, a následnou klasifikaci reakce stavebních výrobků na oheň. Norma zmiňuje výjimky pro výrobky a materiály, které na základě svých parametrů nebo technologie výroby mohou být za stanovených podmínek automaticky zařazeny do třídy A1. [4]

Obecně by se dalo říct, že třída A1 nepřispívá k intenzitě a rozvoji požáru. Naopak výrobky klasifikované do třídy B již omezeně přispívají k vývinu požáru a třída E značně přispívá. Jednotlivé zařazení do tříd určí, jak rychle výrobky hoří a kolik energie při tom uvolňují. [12] [13]

Tato norma je platná pro celou Evropskou unii, čímž podporuje rozvoj volného pohybu zboží na tomto území. V rámci České republiky je hodnocení výrobků doplněno ještě indexem šíření plamene po povrchu nebo odkapávání hmot pro konstrukce stropů a střech. [4]

Třídy reakce na oheň spolu s požadavky na chování jsou uvedeny pro:

- stavební výrobky kromě podlahových krytin a tepelně izolačních výrobků potrubí;
- podlahové krytiny;
- tepelně izolační výrobky potrubí s maximálním vnějším průměrem včetně izolace 300 mm. [4]

Dále je možné určit tzv. doplňkovou klasifikaci, kdy se jedná o vyjádření intenzity vývoje kouře s označením s1, s2 nebo s3 nebo o intenzitu plamenně hořících kapek s označením d0, d1 a d2. Vyšší číslo udává vyšší výskyt těchto jevů. [12] [13]

Norma dále definuje pojmy stejnorodé a nestejnorodé výrobky. Jak už název sám napovídá, stejnorodý výrobek obsahuje jen jeden materiál, který má stejné vlastnosti v celém svém objemu. Nestejnorodý výrobek obsahuje jednu a více složek, které mohou být podstatné nebo nepodstatné. Podstatné složky jsou limitovány hodnotou plošné hmotnosti  $\geq 1,0 \text{ kg/m}^2$  nebo tloušťkou  $\geq 1 \text{ mm}$ . V opačném případě se jedná o složky nepodstatné. [13]

Tato klasifikace pomáhá v kontrole a usnadnění dodržení dalších legislativních požadavků ohledně využití stavebních materiálů ve výstavbě. Například požadavek na povrchovou úpravu konstrukcí ve shromažďovacím prostoru B - s1, d0. Nebo klasifikace nášlapné vrstvy v chráněné únikové cestě do třídy C<sub>fl</sub> - s1. [12]

Tab. 7 Třídy reakce na oheň pro stavební výrobky  
Zdroj: [4][12][13]

<b>Třída reakce na oheň</b>	<b>Vlastnosti</b>	<b>Zkušební metoda</b>	<b>Příklad materiálu</b>
<b>A1</b>	Nehořlavé - nevykazují celkové vzplanutí	EN ISO 1182 a EN ISO 1716	Výrobky z keramiky, skla, kovu, betonu, tepelně izolační desky z minerálních vláken
<b>A2</b>	Téměř nehořlavé - nevykazují celkové vzplanutí	EN ISO 1182 nebo EN ISO 1716 a EN 13823	Sádrokartonová nebo sádrovláknitá deska
<b>B</b>	Nesnadno hořlavé - nevykazují celkové vzplanutí	EN 13823 a EN ISO 11925-2	Systém ETICS, vinylové podlahy, cementotřískové desky
<b>C</b>	Hořlavé - dojde k celkovému vzplanutí	EN 13823 a EN ISO 11925-2	Tepelně izolační deska z fenolické pěny
<b>D</b>	Snadno hořlavé - dojde k celkovému vzplanutí	EN 13823 a EN ISO 11925-2	Konstrukční dřevo, desky na bázi dřeva
<b>E</b>	Velmi snadno hořlavé - dojde k celkovému vzplanutí	EN ISO 11925-2	Tepelně izolační desky z polyuretanu
<b>F</b>	Extrémně hořlavé - neklasifikované výrobky	Žádné požadavky na chování	Výrobky, u kterých nebyla stanovena třída reakce na oheň

### B.3 Vyhodnocení měření

Na základě testování výrobku dle normy EN ISO 1182 jsou rozhodujícími parametry:

Tab. 8 Kritéria pro hodnocení výrobku do třídy reakce na oheň A1 a A2

Parametr	Třída reakce na oheň A1	Třída reakce na oheň A2
$\Delta T$ - nárůst teploty	$\Delta T \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta T \leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
$\Delta m$ - úbytek hmotnosti	$\Delta m \leq 50\text{ }\%$	$\Delta m \leq 50\text{ }\%$
$t_f$ - délka plamenného hoření	$t_f = 0\text{ s}$	$t_f = 20\text{ s}$

Proto byla pro každý prvek stanovena každá tato hodnota na základě výsledků z měření a kontrolních měření váhy před a po zkoušce. Pro celkové vyhodnocení vzorků na základě normy ČSN EN 13501-1+A1 by bylo nutné vzorky zkoušet ještě dle normy ČSN EN ISO 1716 Zkoušení reakce výrobků na oheň – Stanovení spalného tepla (kalorické hodnoty). Výsledky bakalářské práce jsou tedy vztaženy pouze ke zkušební metodě na základě normy EN ISO 1182.

#### B.3.1 Vzorek 1

Tab. 9 Úbytek hmotnosti vzorku 1

Vzorek 1	a	b	c
$m_{\text{před}}$	88,53 g	91,58 g	98,03 g
$m_{\text{po}}$	82,20 g	87,79 g	93,37 g
$\Delta m$	7,15 %	4,14 %	4,75 %

Na základě výsledků měření vzorku 1 můžeme určit, že bylo vždy splněno kritérium nárůstu teploty i úbytku hmotnosti pro obě třídy, ale nebyla splněna mezní hranice plamenného hoření pro třídu A1.

**Vzorek 1 s obsahem 3 % slaměné řezanky by mohl být zařazen do třídy reakce na oheň A2, kdy by rozhodující byla druhá zkouška dle ČSN EN ISO 1716.**

### **B.3.2 Vzorek 4**

*Tab. 10 Úbytek hmotnosti vzorku 4*

<b>Vzorek 4</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<b>m<sub>před</sub></b>	70,10 g	66,35 g	48,33 g
<b>m<sub>po</sub></b>	64,65 g	62,06 g	44,88 g
<b>Δm</b>	7,77 %	6,47 %	7,14 %

Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že vzorek 4 splnil ve všech třech případech úbytek hmotnosti pro obě zkoumané třídy, v jednom případě překročil hranici teplotního nárůstu pro třídu A1, ale ve všech případech překročil délku plamenného hoření pro obě třídy, která byla vždy delší než 20 s.

**Vzorek 4 s obsahem 5 % slaměné řezanky nevyhověl požadavkům normy, proto není zařazen do žádné z těchto dvou tříd, rozhodující by nebyla ani zkouška dle ČSN EN ISO 1716, protože obě zkoušky musí platit současně.**

### **B.3.3 Vzorek 3**

*Tab. 11 Úbytek hmotnosti vzorku 3*

<b>Vzorek 3</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<b>m<sub>před</sub></b>	124,77 g	126,62 g	112,33 g
<b>m<sub>po</sub></b>	121,52 g	122,39 g	108,57 g
<b>Δm</b>	2,60 %	3,34 %	3,34 %

Vzorek 3 ve všech třech případech splňuje požadavky hledaných kritérií pro třídu reakce na oheň A1.

**Vzorek 3 s obsahem 2 % slaměné řezanky by mohl být zařazen do třídy reakce na oheň A1, kdy by rozhodující byla druhá zkouška dle ČSN EN ISO 1716.**

#### **B.4 Doporučení do praxe**

Vzhledem k faktu, že hrubá omítka může být zároveň omítkou finální, je tedy nasnadě, aby v takovém případě byl obsah slaměné řezanky menší než zkoušených 5 %. V rámci praktického využití je možné, že by zkoušených 5 % obsahu slámy nebylo reálných, hmota nebyla vazká a kompaktní, tudíž by natahování omítky mohlo činit potíže.

Při obsahu větším než 2% je vhodné doporučit ještě vrstvu jemné omítky, která se natahuje bez organických plniv. Ta zaručí ochrannou vrstvu stejnorodého výrobku na povrchu konstrukce a tím i požadovanou třídu reakce na oheň.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo stanovení třídy reakce na oheň u omítek na bázi nepálené hlíny s co nejvyšším podílem organické hmoty. Tento úkol byl vypracován dle postupu uvedeného v normě ČSN EN ISO 1182 - Zkoušení reakce výrobků na oheň - Zkouška nehořlavosti. Tento cíl se podařilo splnit, byly stanoveny všechny možné výsledky pro tři různé koncentrace.

Dle informací vyčtených z dostupných materiálů byly vytvořeny několik směsí o různé koncentraci hotové směsi hliněné omítky zakoupené ve stavebninách a slaměné řezanky. Zkouška byla provedena na třech vzorcích, které reprezentovaly koncentrace 2%, 3% a 5 % obsahu slaměné řezanky na hmotnost suché hliněné směsi. Četnost měření jednoho vzorku byla dohodou s vedoucím práce stanovena na počet 3 zástupců dané koncentrace.

Vzorky nebyly kondicionovány a sušeny dle požadavků normy. Jelikož se jedná o materiál, který snadno vysychá, byl zvolen jiný postup, který byl ověřen několika přeměřeními hmotnosti. Když nebyl evidován váhový úbytek, bylo přistoupeno k samotnému měření.

Zkušební pec, sestavená dle normových požadavků, byla již kalibrována, proto se tato část normového postupu byla vynechána. Zkušební postup byl dodržen dle doporučení. Každý vzorek byl zkoušen minimálně požadovaných 30 minut, bylo možné i pozorování pomocí zrcátka, které bylo umístěno nad pecí. Průběh teploty byl zaznamenán do počítače a posléze byly výsledky zpracovány do grafů, které jsou přílohou této práce.

První dva zkoušené vzorky s obsahem slámy 3 % a 5 % se chovaly velmi obdobně. Tělesa po vložení pece začala ihned hořet, zčernala a zapáchala. Na základě délky plamenného hoření byl vzorek se 3 % slámy zařazen do třídy reakce na oheň A2 a vzorek s 5 % slámy normovým požadavkům nevyhověl, proto nebyl zařazen ani do jedné třídy. Naopak třetí vzorek s obsahem 2 % slaměné řezanky po vložení do pece lehce zčernal, ale nebylo zaznamenáno žádné plamenné hoření. Tato koncentrace vyhověla všem limitním hodnotám pro zařazení do třídy reakce na oheň A1.

Na základě výsledků lze konstatovat, že zvolené koncentrace byly vybrány správně, protože ukázaly všechny tři možnosti vyhodnocení. Celý průběh měření a jeho výsledky jsou zpracovány v této bakalářské práci.

Na závěr by bylo vhodné doporučit použití finální jemné omítky bez organických přísad v případě, že by obsah slámy překračoval zkoušené 3 % celkové hmotnosti suché hliněné směsi. Obecně má hliněná omítka spoustu pozitivních vlastností, které se využijí především při použití v interiéru. Jejich výhody jsou zřejmé i mimo oblast požární ochrany, kdy už za dob Marie Terezie věděli, že hliněná omítka ochrání dřevěné stavby před požárem, ale i z hlediska celkového prostředí staveb, kdy hlína upravuje přirozenou vlhkost v místnostech. A díky přirozeně barevným pigmentacím hlíny lze vytvořit spoustu odstínů, které zpříjemní celkový pocit z interiéru.



*Obr. 13 Možnost finální úpravy hliněné omítky*

*Zdroj: Ekostavivo [9]*



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Knižní zdroje:

- [1] CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
- [2] ŽABIČKOVÁ, Ivana. *Hliněné stavby*. Brno: ERA, 2002. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-865-1721-7.

### Právní předpisy:

- [3] ČSN EN ISO 1182 *Zkoušení reakce výrobků na oheň - Zkouška nehořlavosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. 33 s.
- [4] ČSN EN 13501-1+A1 *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010. 45 s.
- [5] ČSN EN ISO 13943 *Požární bezpečnost - Slovník*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 65 s.

### Internetové zdroje:

- [6] *Sdružení hliněného stavitelství* [online]. Brno, Nezištěno [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.hlina.info/>
- [7] *Hliněný dům* [online]. Vyškov, ©2017 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.hlinenydum.cz>
- [8] *Využití hliněných materiálů ve výstavbě. Časopis Stavebnictví* [online]. Brno, ©2007 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/vyuziti-hlinenych-materialu-ve-vystavbe\\_N3038](http://www.casopisstavebnictvi.cz/vyuziti-hlinenych-materialu-ve-vystavbe_N3038)

- [9] Historie a současnost hliněného stavitelství - 1. část. *Ekostavivo* [online]. Nezjištěno, ©2014 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.ekostavivo.cz/historie-a-soucasnost-hlineneho-stavitelstvi-1-cast/>
- [10] Vlastnosti hlíny a hliněné produkty současnosti - 2. část. *Ekostavivo* [online]. Nezjištěno, ©2014 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.ekostavivo.cz/vlastnosti-hliny-a-hlinene-produkty-soucasnosti-2-cast/>
- [11] Návod svépomocného omítání hlínou. *Hlína pro dům* [online]. Žďár nad Sázavou, Nezjištěno [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.hlinaprodom.cz/chcete-hlinene-omitky-svepomoci-a-z-vlastniho-materialu-/navod-svepomocneho-omitani-hlinou/>
- [12] Vybrané požárně technické charakteristiky stavebních výrobků a hmot. *TZB-info* [online]. Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2016 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13649-vybrane-pozarne-technicke-charakteristiky-stavebnich-vyrobku-a-hmot>
- [13] Reakce stavebních výrobků na oheň. *Časopis stavebnictví* [online]. Brno, ©2007 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/reakce-stavebnich-vyrobku-na-ohen\\_N2209](http://www.casopisstavebnictvi.cz/reakce-stavebnich-vyrobku-na-ohen_N2209)
- [14] Jericho. *Abraham Path* [online]. Nezjištěno, ©2016 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://abrahampath.org/path/jericho/>
- [15] Národopisný věstník Československý XX. [online]. Nezjištěno, Nezjištěno [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.nulk.cz/ek-obsah/vestnik/html/knihy/vestnik20/texty/vest20-0147.htm>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Pohled na město Jericho .....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 2 Hrubá omítka se slaměnou řezankou .....</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 3 Trojúhelník hoření .....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 4 Držák zkušebního tělesa.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 5 Fotodokumentace vzorku s obsahem 8 % slaměné řezanky.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 6 Zkušební pec.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 7 Vzorek 1 s 3 % slaměné řezanky před měřením.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 8 Vzorek 1 s 3 % slaměné řezanky po měření.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 9 Vzorek 4 s 5 % slaměné řezanky před měřením.....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 10 Vzorek 4 s 5 % slaměné řezanky po měření .....</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 11 Vzorek 3 se 2 % slaměné řezanky před měřením .....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 12 Vzorek 3 se 2 % slaměné řezanky před měřením .....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 13 Možnost finální úpravy hliněné omítky .....</i>	<i>40</i>

## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Poměr jednotlivých složek ve zkušebních vzorcích .....</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 2 Poměr jednotlivých složek ve zkušebních vzorcích .....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 3 Poměr jednotlivých složek ve zkušebních vzorcích - výsledné složení .....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 4 Výsledky měření vzorku 1 .....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 5 Výsledky měření vzorku 4 .....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 6 Výsledky měření vzorku 3 .....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 7 Třídy reakce na oheň pro stavební výrobky .....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 8 Kritéria pro hodnocení výrobku do třídy reakce na oheň A1 a A2 .....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 9 Úbytek hmotnosti vzorku 1 .....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 10 Úbytek hmotnosti vzorku 4 .....</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 11 Úbytek hmotnosti vzorku 3 .....</i>	<i>37</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1	Graf průběhu teploty - vzorek 1a
Příloha č.2	Graf průběhu teploty - vzorek 1b
Příloha č.3	Graf průběhu teploty - vzorek 1c
Příloha č.4	Graf průběhu teploty - vzorek 4a
Příloha č.5	Graf průběhu teploty - vzorek 4b
Příloha č.6	Graf průběhu teploty - vzorek 4c
Příloha č.7	Graf průběhu teploty - vzorek 3a
Příloha č.8	Graf průběhu teploty - vzorek 3b
Příloha č.9	Graf průběhu teploty - vzorek 3c
Příloha č.10	Technický list - ProCrea <sup>®</sup> Jílová jádrová omítka